

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 07326813 A

(43) Date of publication of application: 12.12.95

(51) Int. Cl

H01S 3/18

(21) Application number: 06117326

(22) Date of filing: 31.05.94

(71) Applicant
GIJUTSU KENKYU KUMIAI
SHINJIYOUHOU SHIYORI
KAIHATSU KIKO FUJITSU LTD

(72) Inventor:
OTSUBO KOJI

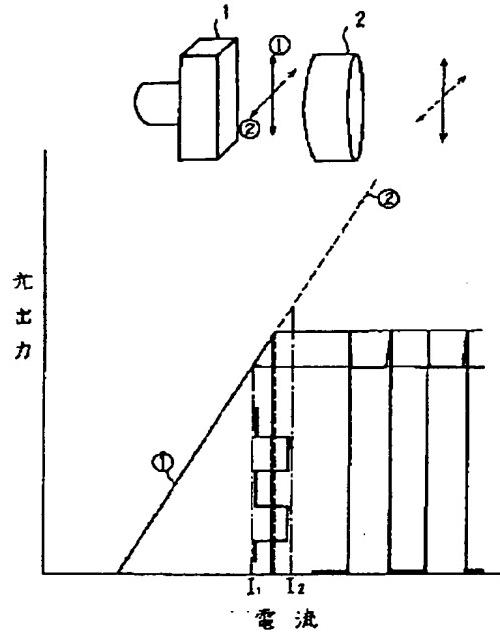
(54) OPTICAL SWITCH

(57) Abstract:

PURPOSE: To make possible high speed modulation wherein extinction ratio is high and wavelength chirp does not exist, by arranging a polarizing element at a position where the emitted light of a surface emitting semiconductor laser is blocked, in the manner in which the emitted light permeates the element at a specified injection current value.

CONSTITUTION: A polarizing element 2 is so arranged behind the light emitting surface of a surface emitting semiconductor laser 1 that the light in the polarization direction at the time of oscillation start of the surface emitting semiconductor laser 1 can permeate the polarizing element 2. When the current value is changed from the current value I_1 before 90° rotation of polarized wave is generated to the current value I_2 after the rotation has been generated, the light permeating the polarizing element 2 is extinguished. When the current value is inversely changed from the value I_2 to the value I_1 , the light permeates the polarizing element 2. Hence the ON/OFF of the light with very high extinction ratio is possible by a very narrow current driving range. The period of ON/OFF of the light can be inverted by setting the polarizing element 2 in the manner in which the light polarized vertically to the above direction permeates the element.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-326813

(43) 公開日 平成7年(1995)12月12日

(51) Int. Cl.⁸
H01S 3/18

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全4頁)

(21) 出願番号 特願平6-117326

(22) 出願日 平成6年(1994)5月31日

(71) 出願人 593162453

技術研究組合新情報処理開発機構
東京都千代田区東神田2-5-12 龍角
散ビル8階

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番
地

(72) 発明者 大坪 孝二

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番
地 富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 井桁 貞一

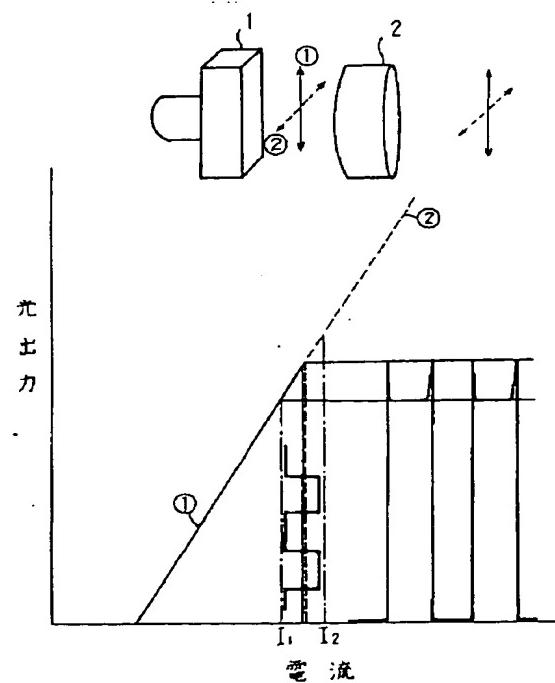
(54) 【発明の名称】光スイッチ

(57) 【要約】

【目的】面発光半導体レーザを用いた光スイッチに関し、光スイッチを簡易に構成し、高消光比で波長チャプのない高速変調を可能とする。

【構成】1) 横单一モードで発振できる面発光半導体レーザ1と、該面発光半導体レーザの出射光を遮る位置に、且つ該面発光半導体レーザの注入電流の増加により偏波が90°回転する電流値より小さい注入電流値あるいは大きい注入電流値で、出射光が透過するよう配置された偏光子2とを有し、該偏波が90°回転する電流値の前後に電流駆動範囲を設定し、出射光をオン／オフする光スイッチ、2) 前記面発光半導体レーザ1の活性領域を含む共振器が、発光面から見て90°回転対称の形状を有する、3) 共振器が円柱形状である、4) 共振器が正4n(nは正の整数)角形柱形状である。

本発明の原理説明図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 横单一モードで発振できる面発光半導体レーザ(1)と、該面発光半導体レーザ(1)の出射光を遮る位置に、該面発光半導体レーザ(1)の注入電流の増加により偏波が90°回転する電流値より小さい注入電流値あるいは大きい注入電流値で、出射光が透過するように1偏光素子(2)を配置し、該偏波が90°回転する電流値の前後に電流駆動範囲を設定し、出射光をオン／オフするように構成されていることを特徴とする光スイッチ。

【請求項2】 前記面発光半導体レーザ(1)の活性領域を含む共振器が、発光面から見て90°回転対称の形状を有することを特徴とする請求項1記載の光スイッチ。

【請求項3】 前記面発光半導体レーザ(1)の活性領域を含む共振器が、円柱形状であることを特徴とする請求項1あるいは2記載の光スイッチ。

【請求項4】 前記面発光半導体レーザ(1)の活性領域を含む共振器が、正 $4n$ (nは正の整数)角形柱形状であることを特徴とする請求項1あるいは2記載の光スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は面発光半導体レーザを用いた光スイッチに関する。近年、光インタコネクション用デバイスとして、出射光を成長基板に対して垂直に取り出す垂直共振器型面発光半導体レーザの研究が盛んに行われている。

【0002】 光インタコネクションにおいては、レーザ光の振幅または位相を変調することが必要不可欠であり、垂直共振器型面発光半導体レーザにこれらの機能を持たせた集積化素子の開発が進められている。

【0003】

【従来の技術】 垂直共振器型面発光半導体レーザは、ストライプ型のレーザと異なり基板に垂直方向に光を取り出し、ビームの拡がりが狭いので、高密度の二次元アレイの作製が可能である。

【0004】 図4(A), (B)は従来例による半導体レーザの変調法の説明図である。図は、通常のストライプ型レーザの例を示す。一般に、半導体レーザの光強度変調の方法には、図4(A)に示されるように、注入電流を変調することにより光強度を変調する直接変調法と、図4(B)のように半導体レーザの出射光を一定にしておいて外部変調器によって出射光を変調する外部変調法がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ストライプ型半導体レーザでは、その構造上一次元アレイしか実現できず、またビームの拡がりが広いので光ファイバとの結合が難しく、クロストークが生じやすい。

【0006】 半導体レーザの光強度変調において、直接変調法ではデバイスとその周辺回路は簡単であるが、光

のオン／オフの強度比を大きくとろうとすると、図4(A)の光強度－注入電流特性からわかるように、注入電流の変調範囲を広くとらなければならない。しかしながら、注入電流の大きさとともにレーザの発振波長も変わるので、変調電流範囲を広くすると高周波変調時に連続波キャリアに僅かな周波数変動(波長チャーブ)を生じ、伝送エラーの原因となる。

【0007】 一方、外部変調法では、レーザ自体の光出力及び発振波長は一定であるので、波長チャーブは起こり難く高速変調に有利である。しかし、デバイスとして半導体レーザの他に外部変調器が必要となり、デバイスの構成やその周辺回路が複雑となる。

【0008】 本発明は、面発光半導体レーザを用いて光スイッチを簡易に構成し、高消光比で波長チャーブのない高速変調を可能とすることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】 上記課題の解決は、

1) 横单一モードで発振できる面発光半導体レーザ1と、該面発光半導体レーザ1の出射光を遮る位置に、且つ該面発光半導体レーザ1の注入電流の増加により偏波が90°回転する電流値より小さい注入電流値あるいは大きい注入電流値で、出射光が透過するように配置された偏光素子2とを有し、該偏波が90°回転する電流値の前後に電流駆動範囲を設定し、出射光をオン／オフする光スイッチ、あるいは

2) 前記面発光半導体レーザ1の活性領域を含む共振器が、発光面から見て90°回転対称の形状を有する前記1記載の光スイッチ、あるいは

3) 前記面発光半導体レーザ1の活性領域を含む共振器が、円柱形状である前記1あるいは2記載の光スイッチ。

4) 前記面発光半導体レーザ1の活性領域を含む共振器が、正 $4n$ (nは正の整数)角形柱形状である前記1あるいは2記載の光スイッチにより達成される。

【0010】

【作用】 図2は本発明の構成図で、素子配置を示す。図で、1は垂直共振器型面発光半導体レーザ、2は偏光素子、3は面発光半導体レーザへの電流注入用の配線である。

【0011】 垂直共振器型面発光半導体レーザ1の活性領域と共振器の側面は、それより屈折率の低い物質で囲まれている。また、活性領域の形は、面の中心を軸にして90°回転する同じ形になるもの〔例えば、円または正 $4n$ (nは自然数)角形〕で、共振器の形は上記活性領域と同じ形を底面にした柱とし、その大きさは面発光半導体レーザが横单一モードで発振し、高次の横モードが発振しないように十分に小さくする。この理由は、高次の横モードは基本モードに対して垂直の偏波方向に発振するからである。

【0012】 偏光素子2はある一方に偏光した光が良

く透過するように配置する。図1は本発明の原理説明図である。この図は、図2に示された系で面発光半導体レーザの各偏波での電流一光出力特性を示す。

【0013】発光領域が上記の構造で横单一モードで発振している場合は、その偏波方向はある結晶方位に沿った方向である。ここで、電流注入量が増えると、偏波間の利得差が生じて偏波が 90° 回転することは従来より知られている。

【0014】図1を用いて、本発明の動作を説明する。図で、①、②は偏光方向及びそれに対応する電流一光出力特性を示す。面発光半導体レーザ1の光の出射面の後に、偏光素子2を面発光半導体レーザ1の発振開始時の偏波方向の光が透過できるように配置する。電流値を偏波の 90° 回転が起こる前の電流値 I_1 から、それが起きた後の電流値 I_2 に変化させると、偏光素子2を通る光は消光される。

【0015】次に、逆に電流値を I_1 から I_2 に変化させると、また偏光素子2を通る光は透過する。このようにして、光のオン／オフが、狭い電流駆動範囲で極めて高い消光比で可能となる。また、偏光素子2を前記の方向に対し垂直な偏波の光が透過するようにすると、光のオン／オフの期間を逆にすることができる。

【0016】

【実施例】実施例では、 $0.98\mu\text{m}$ 基面発光レーザを用いた場合について説明する。まず、面発光レーザを次の過程により作製する(図3参照)。

【0017】n-GaAs基板(Siドープ量 $2\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$)11上に分子線エピタキシ法によりn型DBRのミラー(分布型ブレグ反射鏡)12となる、22.5対のn-GaAs層(厚さ 696\AA)／AlAs層(厚さ 830.5\AA , Siドープ量 $2\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$), n-AlGaAsクラッド層(厚さ 780.6\AA , Siドープ量 $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)13, AlGaAsスペーサ層(厚さ 500\AA)14, 活性層15としてGaAsバリア層(厚さ 100\AA)とInGaAs層(厚さ 80\AA)からなる歪量子井戸を2組, GaAsバリア層(厚さ 100\AA)16, AlGaAsスペーサ層(厚さ 500\AA)17, p-AlGaAsクラッド層(厚さ 780.6\AA , Beドープ量 $2\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)18, グレーテッド層付きp型DBRのミラー19となる、25組のp-AlGaAsグレーテッド層(厚さ 100\AA)／p-AlAs層(厚さ 614\AA)／p-AlGaAsグレーテッド層(厚さ 100\AA)／p-GaAs層(厚さ 514.6\AA , Beドープ量 $2\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)19, p-AlGaAsグレーテッド層(厚さ 100\AA , Beドープ量 $2\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)20, p-GaAs位相整合層(厚さ 445.5\AA , Beドープ量 $1\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$)21を順次成長する。

【0018】ここで、p型DBRのミラーにグレーテッド層を付けたのは素子抵抗低減のためである。次に、エピ層の表面にフォトレジストを塗布し、直径 $5\mu\text{m}$ の開口部を形成する。p側電極22兼反応性イオンエッチング(RIE)のマスクとなるNi/AuZn(下層／上層)積層膜を基板全面に蒸着した後、フォトレジストをリフトオフし、塩

素ガスを用いたRIEによりn型DBRのミラー2の途中までエッチングして、直径 $5\mu\text{m}$ の円柱メサを形成する。

【0019】次に、再度エピ層の表面にフォトレジストを塗布し、n型DBRのミラー上に窓を開けを行って、n側電極膜としてAuGe/Au(下層／上層)積層膜を基板全面に蒸着し、リフトオフ法によりn側電極23を形成する。

【0020】最後に、基板の裏面を研磨して、その部分にARコーティング膜(無反射膜)24となる窒化シリコン(SiN)膜(厚さ 1303\AA , 屈折率 $n=1.88$)を被着して素子が完成する。

【0021】上記構造の面発光レーザの発振直後の偏波方向は<011>または<01-1>方向であり、活性領域の直径は $5\mu\text{m}$ と小さいので横单一モードで発振する。また一波長共振器が構成されているために発振し得る縦モードも一つである。従って、発振後、さらに電流を注入してゆき電流値が 6mA で偏波方向は 90° 回転する。ここで、実施例は電流駆動範囲として、 I_1 を 5.9mA , I_2 を 6.1mA 流して変調した。

【0022】偏光素子としては、グラントムソンプリズムを用い、発振直後の偏波方向の光が透過できるように配置する。このように配置すると、偏波方向が 90° 回転したときに光は消光する。

【0023】

【発明の効果】本発明によれば、面発光半導体レーザと偏光素子を用いて光スイッチを簡単に構成でき、且つ狭い電流駆動範囲、すなわち少ない波長変動の下で光のオン／オフが高消光比で可能であるため、波長チャーブのない高速変調ができる。

【0024】さらに、面発光半導体レーザはストライプ型レーザに比べてビームの拡がりが狭いためクロストークフリーの高密度二次元光スイッチアレイが実現でき、大容量の情報をエラーフリーで伝送できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の原理説明図

【図2】 本発明の構成図

【図3】 実施例に使用したレーザの断面図

【図4】 従来例による半導体レーザの変調法の説明図

【符号の説明】

- 1 垂直共振器型面発光半導体レーザ
- 2 偏光素子
- 3 面発光半導体レーザへの電流注入用の配線
- 11 n-GaAs基板
- 12 n型DBRのミラーで22.5対のn-GaAs層／AlAs層
- 13 n-AlGaAsクラッド層
- 14 AlGaAsスペーサ層
- 15 活性層でGaAsバリア層とInGaAs層からなる歪量子井戸
- 16 GaAsバリア層
- 17 AlGaAsスペーサ層
- 18 p-AlGaAsクラッド層

5

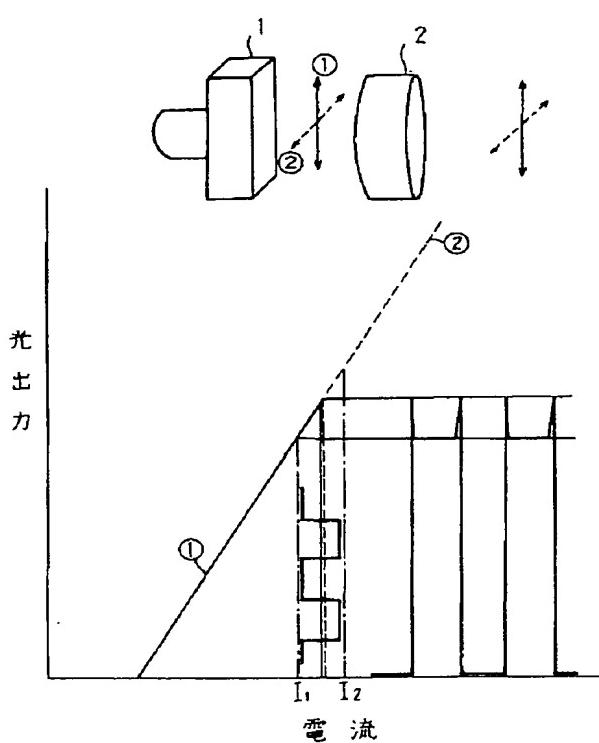
- 19 グレーテッド層付き p 型DBR のミラーで25組の p-AlGaAs グレーテッド層/p-AlAs 層/p-AlGaAs グレーテッド層/p-GaAs 層 20 p-AlGaAs グレーテッド層
21 p-GaAs 位相整合層

- 22 p 側電極で Ni/AuZn 積層膜
23 n 側電極膜で AuGe/Au 積層膜
24 AR 膜で SiN 膜

6

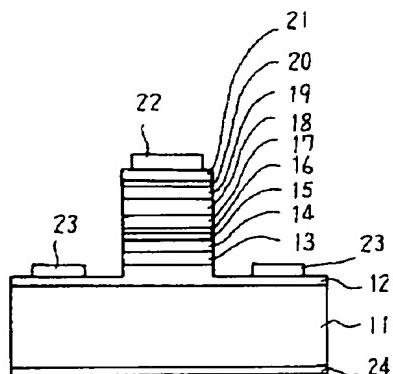
【図1】

本発明の原理説明図



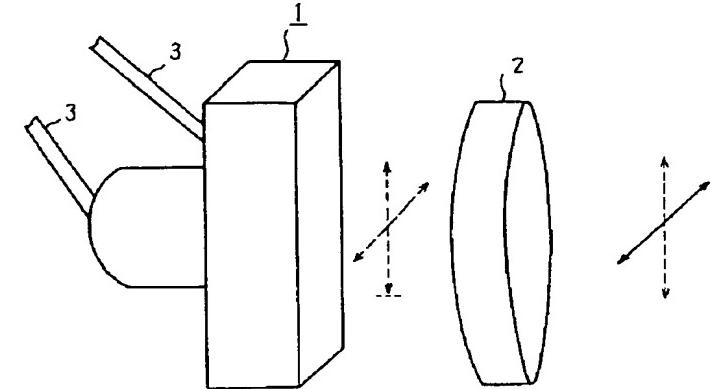
【図3】

実施例に使用したレーザの断面図



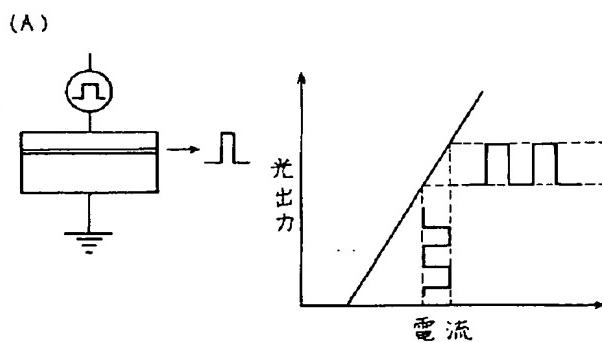
【図2】

本発明の構成図



【図4】

従来例による半導体レーザの変調法の説明図



(B)

JAPANESE PATENT APPLICATION, FIRST PUBLICATION No. HEI 7-326813

Int. Cl. 6: H01S 3/18

Publication Date: December 12, 1995

APPLICATION NO.: Hei 6-117326
FILING DATE: May 31, 1994
APPLICANT: GIJUTSU KENKYUU KUMIAI SHIN-JOUHOU-SHORI
KAIHATSU KIKOU
FUJITSU KABUSHIKI KAISHA
INVENTORS: Koji OTSUBO

TITLE: Optical Switch

ABSTRACT

[Object] In connection with optical switches using surface emitting semiconductor lasers, to easily construct an optical switch and to enable high-speed modulation with a high quenching ratio and without wavelength chirping.

[Structure] 1) An optical switch comprising a surface emitting semiconductor laser 1 capable of oscillating in a single horizontal mode, and a polarizing element 2 positioned at a location cutting off the light emitted from the surface emitting semiconductor laser and passing the emitted light with an injected current value smaller than or larger than a current value wherein the increase in the injected current in the surface emitting semiconductor laser rotates the polarization by 90°, a current drive range being set in the vicinity of the current value where the polarization rotates by 90°, whereby the emitted light is turned ON/OFF. 2) A resonance cavity including the active region of the surface emitting semiconductor laser has a shape which is symmetric through a 90° rotation when viewed from the light emitting surface. 3) The resonance cavity is cylindrical in shape. 4) The resonance cavity is in the shape of a regular 4n-sided (where n is a positive integer) column.

CLAIM

1. An optical switch characterized by comprising a surface emitting semiconductor laser (1) capable of oscillating in a single horizontal mode; and a polarizing element 2 positioned at a location cutting off the light emitted from said surface emitting semiconductor laser and passing the emitted light with an injected current value smaller than or larger than a current value wherein the increase in the injected current in the surface emitting semiconductor laser rotates the polarization by 90°; a current drive range being set in the vicinity of the current value where the polarization rotates by 90°, whereby the emitted light is turned ON/OFF.
2. An optical switch as recited in claim 1, characterized in that a resonance cavity including the active region of said surface emitting semiconductor laser (1) has a shape which is symmetric through a 90° rotation when viewed from the light emitting surface.
3. An optical switch as recited in either claim 1 or claim 2, characterized in that a resonance cavity including the active region of said surface emitting semiconductor laser (1) is cylindrical in shape.
4. An optical switch as recited in either claim 1 or claim 2, characterized in that a resonance cavity including the active region of said surface emitting semiconductor laser (1) is in the shape of a regular 4n-sided (where n is a positive integer) column.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

Field of Industrial Application

The present invention relates to an optical switch using a surface emitting semiconductor laser. Recently, research into vertical cavity surface emitting semiconductor lasers where the emitted light is extracted perpendicularly with respect to the growth substrate as optical interconnection devices has become popular.

In optical interconnection, it is essential to modulate the amplitude or phase of the laser beam, and research has been advanced into integrated devices with vertical cavity

surface emitting semiconductor lasers having these functions.

Prior Art

Vertical cavity surface emitting semiconductor lasers are different from stripe lasers in that the light is withdrawn in a direction perpendicular to the substrate, and the divergence of the beam is limited, so that it is possible to make high-density two-dimensional arrays.

Figs. 4(A) and 4(B) are diagrams for explaining conventional methods for modulating semiconductor lasers. The drawing shows an example of a common stripe laser. In general, methods for modulating the optical intensity of semiconductor lasers include direct modulation methods where the optical intensity is modulated by modulating the injected current as shown in Fig. 4(A), and external modulation methods where the light emitted by the semiconductor laser is made constant and the emitted light is modulated by external modulators as shown in Fig. 4(B).

Problems to be Solved by the Invention

Stripe-type semiconductor lasers are not capable of forming one-dimensional arrays due to their structure, and they are difficult to couple with optical fibers and tend to generate crosstalk because their beams are highly divergent.

With regard to optical intensity modulation of semiconductor lasers, the device and peripheral circuitry are simple with a direct modulation method, the modulation range of the injected current must be made large in order to make the ON/OFF intensity ratio of the light big, as is clear from the optical intensity versus injected current characteristics of Fig. 4(A). However, since the oscillation wavelength of the laser will change along with the magnitude of the injected current, slight frequency fluctuations (wavelength chirping) occurs in the continuous wave carrier when the modulation frequency range is made large during high frequency modulation, thus being a cause for transmission errors.

On the other hand, with the external modulation methods, the optical output and oscillation wavelength of the laser itself are constant, so that wavelength chirping is not likely to occur; therefore, they are advantageous for high-speed modulation. However, external modulators are necessary in addition to the semiconductor laser, so that the structure of the device and peripheral circuitry is complicated.

The present invention has the object of easily constructing an optical switch using a surface emitting semiconductor laser, enabling high-speed modulation at a high quenching ratio without wavelength chirping.

Means for Solving the Problems

The above-described problems can be resolved by means of:

- 1) an optical switch comprising a surface emitting semiconductor laser 1 capable of oscillating in a single horizontal mode, and a polarizing element 2 positioned at a location cutting off the light emitted from the surface emitting semiconductor laser and passing the emitted light with an injected current value smaller than or larger than a current value wherein the increase in the injected current in the surface emitting semiconductor laser rotates the polarization by 90°, a current drive range being set in the vicinity of the current value where the polarization rotates by 90°, whereby the emitted light is turned ON/OFF;
- 2) an optical switch as recited in paragraph 1 above, wherein the resonance cavity including the active region of the surface emitting semiconductor laser has a shape which is symmetric through a 90° rotation when viewed from the light emitting surface;
- 3) an optical switch as recited in either of paragraphs 1 or 2 above, wherein the resonance cavity including the active region of the surface emitting semiconductor laser is cylindrical in shape; or
- 4) an optical switch as recited in either of paragraphs 1 or 2 above, wherein the resonance cavity including the active region of the surface emitting semiconductor laser is in the shape of a regular 4n-sided (where n is a positive integer) column.

Functions

Fig. 2 is a structural diagram showing a device arrangement. In the drawing, reference numeral 1 denotes a vertical cavity surface emitting semiconductor laser, 2 denotes a polarizing element and 3 denotes a line for injecting current into the surface emitting semiconductor laser.

The side surfaces of the active region and cavity of the vertical cavity surface emitting semiconductor laser is surrounded by a substance having a smaller refractive index. Additionally, the shape of the active region is such that it will retain the same shape when rotated by 90° on the axis centered on the surface (e.g. a circle or a regular 4n-sided (n being a natural number) polygon), the shape of the cavity is that of a column having a bottom surface which is the same shape as that of the above-described active region, the size being made sufficiently small so that the surface emitting semiconductor laser oscillates in a single horizontal mode, and does not oscillate in higher order horizontal modes. The reason is that the higher order horizontal modes would oscillate in a polarization direction perpendicular to that of the fundamental mode.

The polarizing element 2 is positioned so that light polarized in one direction is easily passed. Fig. 1 is a diagram explaining the basic principle of the present invention. This drawing shows the current versus optical output characteristics at each polarization of the surface emitting semiconductor laser in the system shown in Fig. 2.

When the light emitting region is oscillating in a single horizontal mode with the above-mentioned structure, the direction of polarization is the direction aligned with the crystalline orientation. Here, it is known that when the amount of injected current increases, a difference in gain occurs between the polarizations and the polarization rotates by 90°.

Using Fig. 1, the operations of the present invention shall be explained. In the drawing, (1) and (2) indicate a polarization direction and the current versus optical output characteristics corresponding thereto. A polarizing element 2 is placed after the light emitting surface of the surface emitting semiconductor laser 1 so that light in the polarization direction can pass when oscillation of the surface emitting semiconductor laser 1 is begun. When the current values are changed from the current value I_1 prior to the polarization rotating by 90° and the current value I_2 after that has occurred, the light passing hitting the polarizing element 2 is quenched.

Next, when the current is conversely changed from I_2 to I_1 , the light hitting the polarizing element 2 is passed. In this way, the light can be turned ON/OFF with an extremely high quenching ratio in a small range of current. Additionally, when light polarized perpendicular with respect to the above-mentioned direction is passed through the polarizing element 2, it is possible to reverse the ON/OFF periods of the light.

Embodiments

In the embodiments, the case in which a 0.98 μm band surface emitting laser is used shall be explained. First, a surface emitting laser is made by the following procedure (see Fig. 3).

On an n-GaAs substrate (Si doping rate $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) 11, a molecular beam epitaxy method is used to sequentially grow 22.5 pairs of an n-GaAs layer (thickness 696 Å)/AlAs layer (thickness 830.5 Å, Si doping rate $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$), an n-AlGaAs cladding layer (thickness 780.6 Å, Si doping rate $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) 13, an AlGaAs spacer layer (thickness 500 Å) 14, two groups of strained quantum wells composed of a GaAs barrier layer (thickness 100 Å) and an InGaAs barrier layer (thickness 80 Å) as an active layer 15, a GaAs barrier layer (thickness 100 Å) 16, an AlGaAs spacer layer (thickness 500 Å) 17, a p-AlGaAs cladding layer (thickness 780.6 Å, Be doping rate $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) 18, 25 groups of a p-AlGaAs grating layer (thickness 100 Å)/p-AlAs layer (thickness 614 Å)/p-AlGaAs grating layer (thickness 100 Å)/p-GaAs layer (thickness 514.6 Å, Be doping rate $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) forming p-type DBR mirror with a grating layer

19, a p-AlGaAs grated layer (thickness 100 Å, Be doping rate $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) 20, and a p-GaAs phase rectifying layer (thickness 445.5 Å, Be doping rate $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) 21.

Here, the grated layer is provided on the p-type DBR mirror in order to reduce the device resistance. Next, a photoresist is coated onto the surface of the epilayer, and an aperture portion having a diameter of 5 µm is formed. After vapor depositing an Ni/AuZn (bottom layer/top layer) deposition film on the entire surface of the substrate to form a mask for reactive ion etching (RIE) and a p-side electrode 22, the photoresist is lifted off and an etching is performed partially through the n-type DBR mirror 2 by means of RIE using chlorine gas, to form a cylindrical mesa having a diameter of 5 µm.

Next, a photoresist is again coated onto the surface of the epilayer, a window is opened in the n-type DBR mirror, an AuGe/Au (bottom layer/top layer) deposition film is vapor deposited on the entire surface of the substrate as an n-side electrode film, and an n-side electrode 23 is formed by a liftoff method.

Finally, the reverse surface of the substrate is polished, and this portion is covered with a silicon nitride (SiN) film (thickness 1303 Å, refractive index $n = 1.88$) to be an AR coating film (non-reflective film) 24, thus completing the device.

The polarization of the surface emitting laser having the above-described structure immediately after oscillation is in the <0 1 1> or <0 1 -1> direction, and the oscillation is in a single horizontal mode because the active region is small, with a diameter of 5 µm. Additionally, since a single-wavelength resonance cavity has been formed, there is also only one possible lateral mode. Therefore, after oscillation, current is further injected, and the polarization direction rotates by 90° after the current value reaches 6 mA. In this embodiment, modulation is performed with I_1 at 5.9 mA and I_2 at 6.1 mA as the current drive range.

A Glan-Thompson prism is used as the polarizing element, which is arranged so as to be capable of transmitting light in the polarization direction immediately after oscillation. By using this arrangement, the light will be quenched when the polarization direction is rotated by 90°.

Effects of the Invention

According to the present invention, an optical switch can be easily constructed using a surface emitting semiconductor laser and a polarizing element, and high-speed modulation without wavelength chirping is possible because the light can be turned ON/OFF in a small current drive range, i.e. with a high quenching ratio with only small wavelength fluctuations.

Furthermore, since the beams of surface emitting semiconductor lasers diverge less than

those of stripe type lasers, it is possible to realize a crosstalk-free high-density two-dimensional switch array, and to transmit large amounts of information without errors.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Fig. 1 A diagram for explaining the basic principle of the present invention.

Fig. 2 A structural diagram of the present invention.

Fig. 3 A section view of a laser used in an embodiment.

Fig. 4 An explanatory diagram for a semiconductor laser modulation method according to a conventional example.

Explanation of Reference Numbers

- 1 vertical cavity surface emitting semiconductor laser
- 2 polarizing element
- 3 line for current injection into surface emitting semiconductor laser
- 11 n-GaAs substrate
- 12 22.5 pairs of n-GaAs layer/AlAs layer which is an n-type DBR mirror
- 13 n-AlGaAs cladding layer
- 14 AlGaAs spacer layer
- 15 strained quantum well composed of a GaAs barrier layer and an InGaAs layer which is an active layer
- 16 GaAs barrier layer
- 17 AlGaAs spacer layer
- 18 p-AlGaAs cladding layer
- 19 25 groups of p-AlGaAs grated layer/p-AlAs layer/p-AlGaAs grated layer/p-GaAs layer which is a p-type DBR mirror with grated layer
- 20 p-AlGaAs grated layer
- 21 p-GaAs phase rectifying layer
- 22 Ni/AuZn deposition film which is a p-side electrode
- 23 AuGe/Au deposition film which is an n-side electrode film
- 24 SiN film which is an AR film